

Construction d'un robot sous-marin pour le concours SAUC-E

Rapport d'avancement T0+6 mois (convention MRIS 2009-2012)

J. Sliwka, F. Le Bars, L. Jaulin

ENSIETA

19 Mai 2010

Descriptif de l'étude

Dans le cadre de cette étude, nous cherchons à réaliser des plateformes robotiques sous-marines dans le but de valider des concepts/algorithmes divers. Voici quelques thématiques liées au projet : mécanique simple et robuste, télé-opération, autonomie, localisation et cartographie, détection et reconnaissance d'objets, collaboration entre robots...

Comme tous les ans, nous participerons cette année au concours SAUC-E (Student Autonomous Underwater Challenge - Europe) dont le but est de concevoir un robot sous-marin autonome capable d'effectuer plusieurs missions prévues par les organisateurs.

Concours SAUC-E 2009

La dernière édition du concours a eu lieu comme en 2007 au bassin QinetiQ à Gosport (Angleterre). L'ENSIETA a remporté la 2^{ème} place sur un total de 8 participants. L'Université d'Heriot-Watt garde désormais le titre du vainqueur pour une deuxième fois consécutive. Pour rappel, les épreuves du concours de l'année 2009 étaient (voir figure ci-dessous):

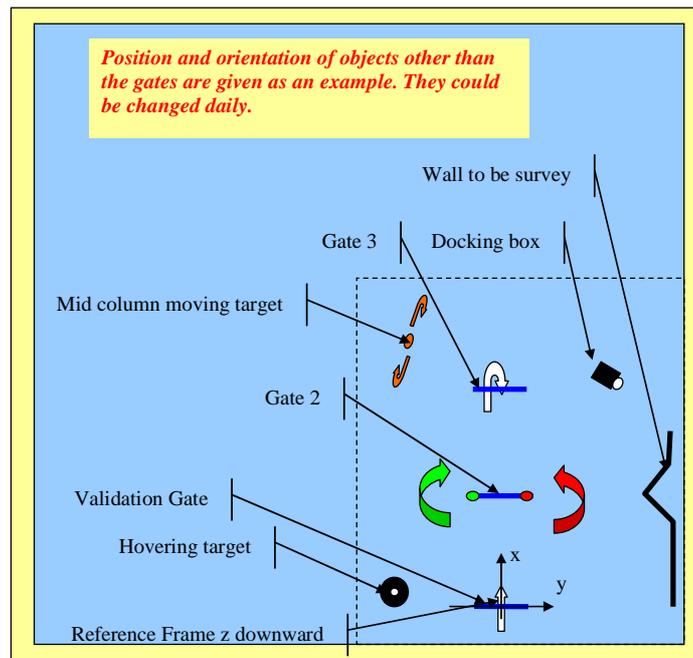


Figure 1 : Epreuves du concours SAUCE 2009

- Passer et repasser à travers 3 portes alignées et séparées de 10 m. De plus, des points supplémentaires étaient attribués si le sous-marin évitait la deuxième porte. Cette épreuve a été simplifiée au moment du concours car elle demandait à l'origine que le robot passe à droite ou à gauche de la deuxième porte selon la couleur d'une lumière.
- Détecter et suivre une boule orange mobile pendant 30 s.
- Rester à 30 cm au dessus d'une cible avec une boule au centre placée au fond de la piscine.
- Longer un mur (non rectiligne) à environ 5 m et sur une trentaine de m.
- Entrer dans une boîte de 1 m x 1 m x 2 m en passant par l'entrée de 1 m x 1 m. Elle était repérée par une lumière à l'entrée et une lumière à l'intérieur.
- Un fichier enregistrant le déroulement des épreuves devait être produit par le robot (en respectant un format défini par les organisateurs).



Figure 2 : Equipe 2009

Concours SAUC-E 2010

Cette année, le concours aura lieu au NURC (NATO Undersea Research Centre) à La Spezia en Italie du 28 Juin au 4 Juillet 2010. 10 équipes devraient participer à la compétition. Les épreuves se dérouleront pour la première fois dans l'eau de mer d'une marina. En 2008, nous avons déjà été confrontés à des épreuves en eau salée (dans l'une des piscines de l'IFREMER, à Brest) mais c'est la première fois que la compétition se déroule directement en mer. Des difficultés supplémentaires liées à la turbidité de l'eau, les vagues ou encore les algues et les poissons seront à prendre en compte. L'image ci-dessous montre la zone de compétition:



Figure 3 : Zone de compétition à La Spezia en Italie

Les nouvelles épreuves du concours (voir figure ci-dessous) sont :

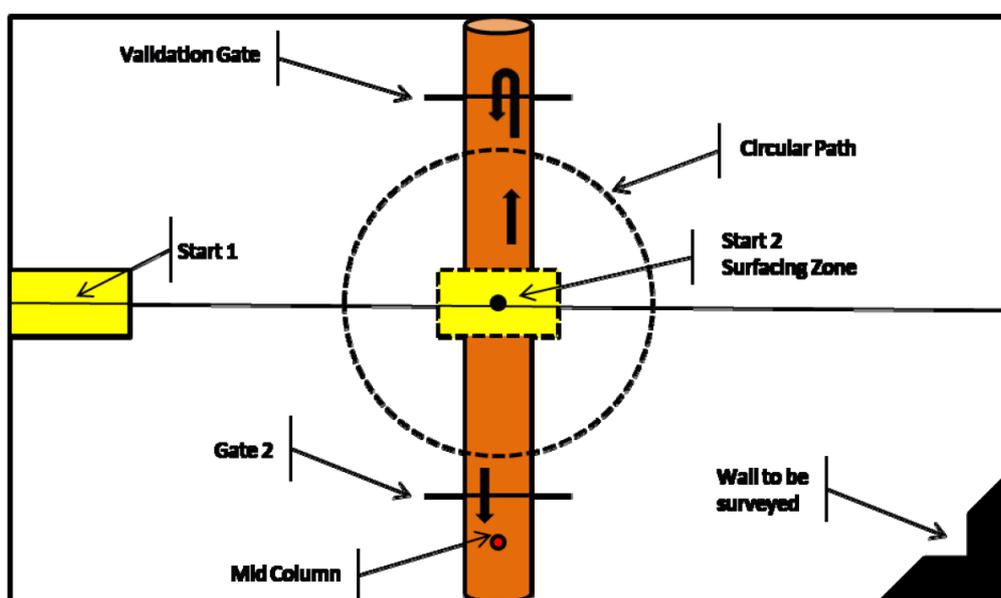


Figure 4 : Missions de l'édition 2010 du concours SAUC-E

- Choisir le point de départ du sous-marin. En effet, il existe deux points de départs possibles. Le premier dit « Start 1 » se trouve loin de la zone de mission et l'autre dit « Start 2 » se trouve au milieu de cette zone. Choisir « Start 1 » résultera d'un bonus de 100 points.
- Passer ensuite par la porte de validation, qui est une épreuve obligatoire.
- Faire demi-tour et suivre un pipeline de couleur jaune à 50 cm de distance
- Passer par la porte labélisée « Gate 2 »
- Libérer une bouée flottante à mi-eau se trouvant juste après « Gate 2 ». En effet, cette bouée sera accrochée au fond par un fil de pêche de 1mm d'épaisseur. Le but sera de localiser cette bouée puis couper/brûler/... ce fil. Le dispositif ne devra bien sûr poser aucun danger aux plongeurs.
- Il faudra suivre un mur à une distance supérieure à 2 m. Le mur ne sera pas droit et le robot devra réagir conformément à ces irrégularités.
- Le robot devra aussi suivre une trajectoire circulaire autour du centre de la zone de compétition. Pour aider les participants, un pinger (générateur de pulses acoustiques) est installé au centre de la zone de compétition.
- Sa mission se terminera en faisant surface au centre de la zone de compétition.

Déroulement de l'année

Cette année, il y a eu un grand essor des activités robotiques à l'ENSIETA. Le club robotique de l'ENSIETA développe désormais des robots sous-marins, voiliers, terrestres et aériens. Nous avons donc pu attirer plusieurs personnes pour développer des algorithmes et nous aider à la conception des robots sous-marins.

L'année a comme d'habitude commencé par une présentation et une prise en main du robot par les élèves intéressés par le projet à partir du mois d'Octobre. Des « cours » et des « TD » d'initiation liés aux parties importantes du robot ont été organisés par des doctorants anciens élèves de l'école ayant participé aux concours des années précédentes les lundis et mardis soirs: programmation C sous Windows et Linux, traitement d'images de webcams, découverte d'OpenCV (bibliothèque de traitement d'images), utilisation du boîtier Labjack pour la commande de servomoteurs...

Un étudiant en 3^{ème} année, deux étudiants en 2^{ème} année, deux stagiaires et deux doctorants ainsi qu'un enseignant ont travaillé ou travaillent actuellement sur ce projet. Nous comptons avoir encore un étudiant en 1^{ère} année et un autre de 2^{ème} année comme stagiaires cet été.

Les différents sous-projets

La plateforme robotique actuelle

Chaque année, nous effectuons de petites modifications sur la plateforme originale. Pour plus de détails veuillez lire la partie « Description du robot présenté au concours SAUCE 2010 »

La nouvelle plateforme : le robot caméra

Le but de cette nouvelle plateforme est de filmer le robot actuel pendant qu'il effectue ses missions. Le robot pourra aussi servir de remplacement dans le cas d'un problème sur la plateforme originale. Dans le futur nous comptons faire collaborer les deux plateformes robotiques et à terme faire une meute de sous-marins qui collaborent. La plateforme reprendra les grands principes de l'ancien (tube de taille similaire, même propulsion...) avec quelques nouveautés: caméra intérieure voyant à travers une fenêtre sur la tige avant, EeePC à la place du PC104...

Deux étudiants de 2^{ème} année et un stagiaire travaillent sur ce projet.

Communication

Nous utilisons une antenne Wifi sur notre robot pour pouvoir communiquer avec lui lors des phases de tests. L'inconvénient est que dès que l'on veut travailler en profondeur, l'antenne passe sous l'eau et nous perdons la communication. Nous sommes alors obligés de lancer des missions autonomes (descente du sous-marin à une profondeur voulue, prise de données et remontée). Pour pouvoir communiquer avec le sous-marin même lorsqu'il est au fond de la piscine, nous allons utiliser un déport d'antenne de 5 à 10 m. L'antenne Wifi restera à la surface grâce à un flotteur.

Architecture informatique

Un étudiant de 3^{ème} année a effectué une étude complète sur la modélisation de l'architecture logicielle du robot. Ce travail est en train d'être repris par les deux étudiants de 2^{ème} année travaillant sur la conception du robot caméra.

Communication acoustique

Les ondes électromagnétiques se propagent difficilement sous l'eau. Par conséquent, dès que le robot se trouve sous l'eau, nous perdons toute possibilité de contact. Un stagiaire est donc en train de travailler sur la communication acoustique et son implémentation. Le but est de pouvoir à la fois télé-opérer le robot et remonter certaines informations sur son état comme sa position et l'identifiant de la mission qu'il est en train d'effectuer. Une étude sur la télé-opération du robot par voix humaine devrait également être faite.

Algorithmes

Traitement d'image

L'autre stagiaire est en train de développer un algorithme de traitement d'image. Le but de l'algorithme est de refaire une trajectoire donnée en mode autonome en se basant sur une vidéo prise par le robot lors du parcours de cette trajectoire en mode télé-opéré. L'algorithme sera testé sur le robot camera.

Localisation

Les doctorants s'occupent de l'implémentation et l'optimisation de l'algorithme de localisation. Le but est de rendre le calcul temps réel.

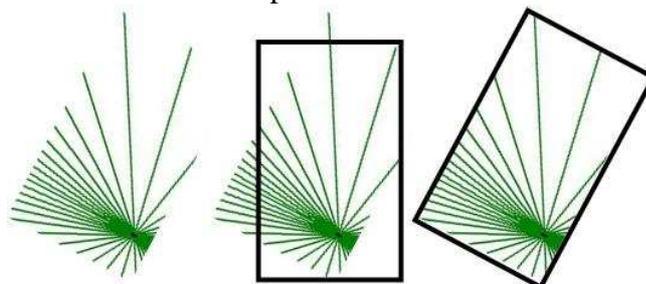


Figure 5 : Illustration de l'algorithme de localisation

Autres algorithmes

Nous avons pu nous rendre compte que l'utilisation de la centrale inertielle et de temporisations pour effectuer un trajet prédéfini était efficace. Il semble donc envisageable d'utiliser ces données pour localiser le robot. Des tests simples de temps de parcours et d'accélération selon les commandes envoyées aux propulseurs pourraient être faits pour essayer de mettre en place une méthode rapide (sans doute peu précise mais acceptable, simple à programmer et peu coûteuse en temps de calcul) de localisation et de suivi de points de passages prédéfinis.

Description du robot présenté au concours SAUC-E 2010

Architecture extérieure

Le design mécanique du robot n'a pas beaucoup changé cette année : un tube en aluminium fermé par 2 tapes. Par contre, nous avons décidé de ne mettre les connecteurs étanches que d'un côté du sous-marin. Ces connecteurs étanches permettent en effet de relier l'intérieur du tube aux périphériques extérieurs (webcams, moteurs, sonar). Seule une tape doit être ouverte pour accéder à l'intérieur du sous-marin (celle où il n'y a pas de connecteurs), pour remplacer plus rapidement les batteries par exemple.

2 propulseurs horizontaux sont placés de part et d'autre du tube. 1 propulseur vertical est placé au centre de la quille du sous-marin, qui sert à l'équilibrer. De plus, des petits poids peuvent être rajoutés aux 4 coins du robot pour finaliser l'équilibrage, de façon à ce que le sous-marin remonte naturellement et qu'une faible force suffise à le faire plonger.

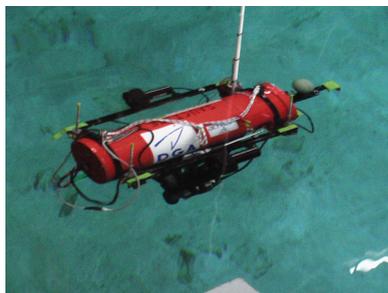


Figure 6 : Sous-marin "Sauci'sse Rouge"

Etanchéité

Cette année nous essayons une nouvelle marque de connecteurs étanches : Bulgin. En effet, ceux-ci ne sont pas beaucoup plus chers que les anciens connecteurs (Switchcraft) tout en étant plus solides. En plus, ce fabricant offre une gamme plus large de produits comme par exemple des connecteurs USB, Ethernet, Coaxiaux,...

Nous allons utiliser ces connecteurs sur le robot caméra. Pour plus de sûreté et de redondance, nous allons garder l'ancienne marque sur l'ancien sous-marin.



Figure 7 : Connecteurs Bulgin

Organisation intérieure

Des rails à l'intérieur du tube principal formant le sous-marin permettent de faire glisser la plaque de Plexiglas qui sert de support pour toute l'électronique intérieure. Un tiroir placé sous cette plaque permet d'accéder facilement aux batteries sans avoir à toucher aux autres périphériques.

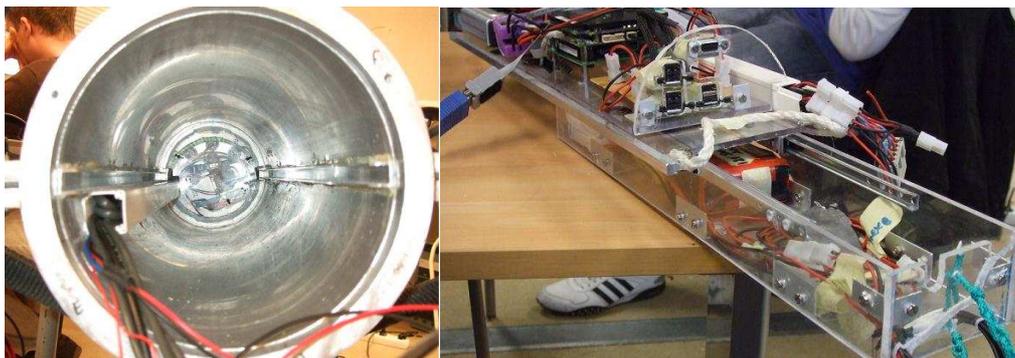


Figure 8 : Organisation intérieure

Partie électronique

Schéma de l'architecture électronique

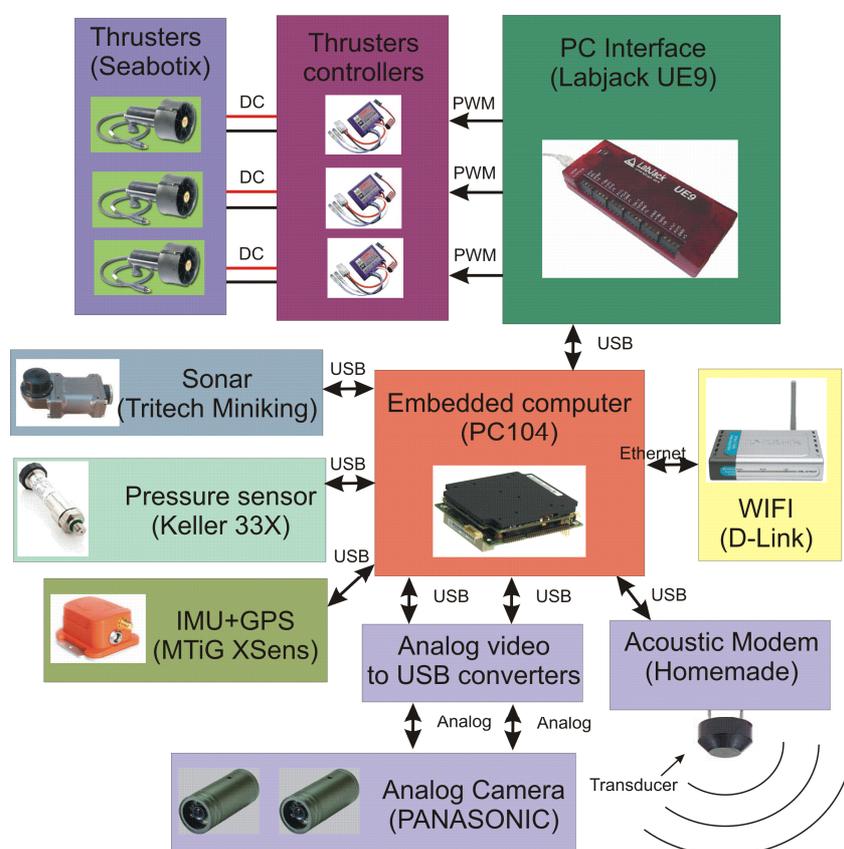


Figure 9 : Architecture électronique

Propulseurs

Nous utilisons 3 propulseurs STB150 de SEABOTIX (Etats-Unis):

- 1 vertical pour régler la profondeur du sous-marin.
- 2 horizontaux pour contrôler la vitesse et l'orientation du robot.

Pour contrôler la vitesse des propulseurs à partir de signaux PWM, nous utilisons des variateurs de modélisme Robbe Rokraft. Les signaux PWM sont générés par un boîtier d'interface Labjack UE9, connecté par USB au PC.

Intelligence embarquée

Le PC embarqué est un PC104 d'EUROTECH avec un processeur Intel Celeron 1 GHz ou Pentium M 1.4 GHz et 512 Mo de RAM. Le système d'exploitation et les programmes sont enregistrés sur un disque dur 2.5 de 40 Go. 8 ports USB, 1 port Ethernet, 2 ports RS232 et 1 port VGA nous permettent de connecter tous les périphériques nécessaires. Un étage d'alimentation (standard PC104) qui fournit 3.3, 5, +12 et -12 V a été rajouté pour l'alimenter directement à partir de batteries 12 ou 24 V.

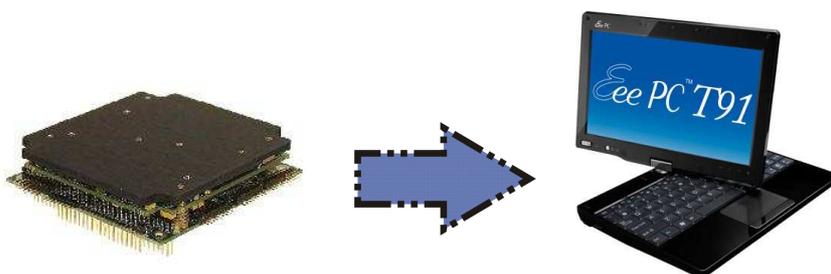


Figure 10 : PC104 et EeePC

Dans le robot caméra nous comptons utiliser un EeePC au lieu d'un PC104. En effet, ce dernier est beaucoup moins cher tout en ayant la même puissance de calcul. Le seul problème est sa taille qui nous empêche de l'utiliser sur l'ancien robot. L'année dernière nous avons acheté un nouveau type de PC104 (avec un processeur Intel Core 2 Duo). Il faudra aménager l'intérieur du sous-marin pour qu'on puisse l'utiliser et améliorer ainsi notre puissance de calcul.

Vision

Pour détecter les objets dans la piscine (boule orange...), nous utilisons 2 webcams Logitech Quickcam Pro 9000 les années précédentes, qui peuvent donner des images haute résolution (1600x1200). Elles ont été étanchéifiées en les mettant dans des tubes PVC avec une fenêtre en Plexiglas. Cependant, nous avons eu des problèmes avec les connecteurs étanches qui n'étaient pas adaptés à une liaison USB, surtout quand ils étaient corrodés. Nous avons décidé de tester de nouvelles caméras analogiques PANASONIC directement étanches à 50m de profondeur. Ces caméras sont reliées au PC à l'intérieur du tube via un convertisseur RCA-USB (convertit les signaux analogiques vidéo et audio) qui se comporte comme une webcam.

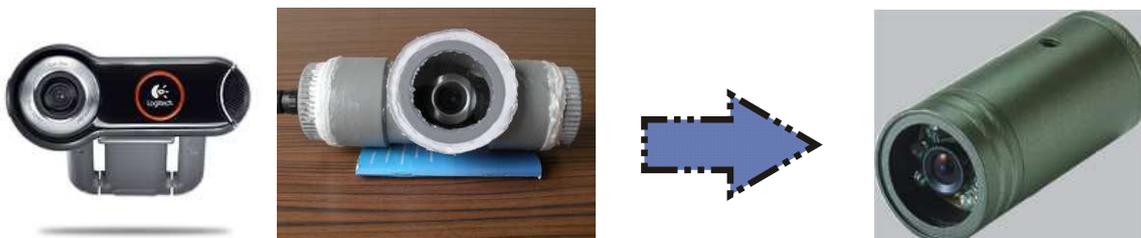


Figure 11 : Caméra étanche faite maison et la nouvelle PANASONIC étanche à 50m

Capteur de profondeur

Pour obtenir la profondeur du sous-marin, nous utilisons un capteur de pression Keller PAA33X connecté au PC104 via un convertisseur RS485 vers USB. Ce capteur est fixé sur la tape arrière du sous-marin.

Centrale inertielle

Les années précédentes, nous utilisons une centrale inertielle Xsens MTi prêtée par le GESMA (Groupe d'Etudes Sous Marines de l'Atlantique) pour obtenir l'orientation du robot dans la piscine. Cette année nous la remplacerons par une version munie d'un GPS: la MTi-G.

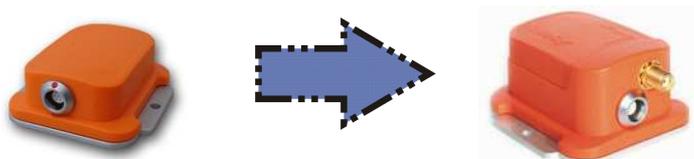


Figure 12 : La MTi et la nouvelle MTi-G munie d'un GPS

Sonar

Le principal capteur servant à la localisation du robot dans la piscine est toujours notre sonar MiniKing de Tritech.

Communication

Un point d'accès D-Link DWL G700AP avec une antenne extérieure de 1m de hauteur nous permet de communiquer avec le robot lorsqu'il est proche de la surface de l'eau. Cette année nous comptons faire un déport d'antenne de plusieurs mètres. L'antenne sera attachée à un flotteur. Ainsi, le robot pourra plonger sous l'eau sans qu'on perde la communication avec ce dernier.

Energie

3 batteries de 12 V ou 2 de 12 V et une de 24 V servent à l'alimentation du robot. Nous utilisons des batteries NiMH qui ne dégagent pas de gaz explosifs comme les batteries au plomb. L'année dernière, nous avons une autonomie de 1h30 avec nos batteries NiMH. Des types de batteries plus performants (Li-ion, Li-PO, LiFePO4...) existent mais ont aussi divers inconvénients. Il nous faudra faire des tests pour déterminer le type de batterie le plus adéquat. De plus, l'utilisation de nos 3 batteries était assez inégale, celle réservée au PC étant la plus sollicitée. Nous comptons revoir leur organisation pour accroître notre autonomie énergétique.



Figure 13 : Batteries

Conclusion

Vu l'amélioration globale du niveau des équipes participant au concours SAUC-E et les difficultés apportées par les nouvelles épreuves, il faudra encore accroître la fiabilité de notre sous-marin, établir une architecture logicielle claire et modulaire et continuer à travailler sur les différents algorithmes de détection et localisation pour rester dans les premiers cette année. La construction d'un 2^{ème} sous marin devrait nous permettre d'accroître nos possibilités de tests et nous aider à trouver les solutions les plus simples, fiables et efficaces.